

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Л. Толстик

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 1162/уч.

ФОТОХИМИЯ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:
1-31 05 03 Химия высоких энергий**

Минск
2015 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 03-2013 и учебного плана № G31-146/уч. от 2013г для специальности 1-31 05 03 «Химия высоких энергий».

СОСТАВИТЕЛИ:

А.Г. Лисовская, старший преподаватель кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий Белорусского государственного университета, кандидат химических наук.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.И. Кулак, заместитель директора по научной работе ГНУ «Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси», доктор химических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси.

М.А. Кисель, заведующий лабораторией химии липидов ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси», доктор химических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий (протокол № 4 от 09. 11. 2015г);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 2 от 11. 11. 2015г).



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Фотохимия» является специальным курсом и предназначена для студентов специализации «Химия высоких энергий» химического факультета БГУ.

Основной **целью** освоения дисциплины является приобретение знаний в области современных теорий фотохимии, фотохимических реакциях, типичных для основных классов органических соединений, а также ознакомление с экспериментальными методами фотохимии.

Задача преподавания учебной дисциплины – дать информацию об основных закономерностях протекания фотохимических превращений органических соединений при поглощении неионизирующего электромагнитного излучения.

В результате изучения учебной дисциплины «**Фотохимия**» студент должен:

знать:

- основы фотохимии, ее основополагающие теории и законы (взаимодействие излучения с веществом, природу и свойства электронно-возбужденных состояний молекул);
- экспериментальные методы в фотохимии, значение и применение фотохимических процессов;
- о типичных фотохимических реакциях, таких как фотодиссоциация, фотоизомеризация, фотозамещение, фотоокисление и фотоприсоединение для основных классов органических соединений.

уметь:

- измерить интенсивности излучения;
- определять квантовые выходы фотохимических реакции;
- проводить прямой и сенсibilизированный фотолиз;
- применять свои знания для решения прикладных задач в области фотохимии.

владеть:

- представлениями о современных подходах к описанию превращений молекул под действием света;
- методологией проведения фотохимического эксперимента и выбора методов анализа необходимых для установления продуктов фотохимических превращений.

При изучении данной дисциплины реализуются такие формы занятий как лекции, семинары, лабораторный практикум и самостоятельная работа студентов. Контроль самостоятельной работы студентов может осуществляться в ходе текущего и итогового контроля знаний, в форме устного опроса, коллоквиумов, письменных контрольных работ (как в

традиционном, так и тестовом вариантах). Для общей оценки усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы.

Учебная программа рассчитана на 138 часа, в том числе 68 аудиторных часа: 24 часа лекций, 30 часов лабораторных и 14 часов семинарских занятий, завершается экзаменом в 6 семестре. Календарный план работы отражает учебно-методическая карта учебной дисциплины; в ней обозначены основные этапы и виды работы, ее объем в часах, сроки изучения разделов программы, рекомендуемая литература и формы контроля знаний.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел I. Природа и свойства электронно-возбужденных состояний

Тема 1.1. Фотохимия как наука.

Что такое фотохимия. Фотохимия и окружающая среда. Фундаментальные отличия фотохимических реакций от термических. Фотохимические реакции, протекающие в природе. Наиболее характерные примеры.

Тема 1.2. Свет и вещество.

Характеристики электромагнитного излучения и света. Длина волны, частота, волновое число, энергия, мощность излучения. Единицы измерения и соотношения между ними. Взаимодействие света с веществом. Единицы энергии.

Тема 1.3. Законы фотохимии.

Законы поглощения, отражения и преломления. Закон Ламберта-Бера. Случаи отклонения от закона Ламберта-Бера. Причины и использование. Коэффициент экстинкции, зависимость от длины волны. Электронный спектр как характеристика вещества. Характерные спектры некоторых классов веществ. Хромофоры.

Тема 1.4. Молекула и её взаимодействие со светом.

Электронные конфигурации и электронные состояния. Переходы между конфигурациями основного и возбуждённых состояний. Диаграмма Яблонского. Пути деградации энергии поглощённого кванта. Излучательные и безызлучательные переходы. Принцип Франка – Кондона. Номенклатура переходов и состояний. Вероятности переходов. Синглетные и триплетные состояния. Отличия.

Флуоресценция и фосфоресценция. Спектры. Сходства и различия. Эксимеры, эксиплексы, комплексы с переносом заряда. Переходные моменты. Вынужденное и спонтанное излучение. Интенсивность электронных переходов.

Раздел II. Экспериментальные методы фотохимии

Тема 2.1. Источники света.

Газоразрядные источники света (ртутные лампы, лампы на инертном газе, водородная и дейтериевая лампа, другие газоразрядные лампы). Лампы накаливания. Способы монохроматизации света. Лазеры (принцип работы лазера, использование лазеров в фотохимии, получение гигантских импульсов).

Тема 2.2. Измерение интенсивности света.

Типы приемников. Параметрами характеризующие свойства и возможности

приемников различных типов. Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители, фотосопротивления, фотодиоды, квантовые счетчики. Химические актинометры. Ферриоксалатный актинометр. Соли Рейнике. Лейкоформа малахитового зеленого.

Тема 2.3. Спектроскопические методы.

Абсорбционная спектроскопия. Фотоэмиссионная спектроскопия: флуоресценция, фосфоресценция, поляризационные измерения. Хемилюминесценция и биолюминесценция.

Тема 2.4. Импульсные методы исследования.

Флеш-фотолиз. Аппаратура. Типы установок импульсного фотолиза (кинетическая и спектрографическая). Импульсные фотолитические лампы. Применение импульсного фотолиза для изучения промежуточных продуктов. Импульсная спектроскопия.

Тема 2.5. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР).

Применение метода ЭПР в фотохимии. Принцип метода ЭПР. Тонкое и сверхтонкое взаимодействие. Характеристики спектров ЭПР. Метод спиновых меток и зондов. Метод спиновых ловушек.

Раздел III. Основные типы фотохимических реакций

Тема 3.1. Фотохимическая диссоциация химических соединений. Фотохимическая диссоциация (n, σ^*)-, (n, π^*)-, (π, π^*)-возбужденных состояний. Механизм фотодиссоциации.

Тема 3.2. Фотозамещение. Фотоприсоединение. Реакции внутримолекулярного фотозамещения. Реакции межмолекулярного фотозамещения. Присоединение типа $\pi + \sigma$. Присоединение типа $\pi + \pi$ (циклоприсоединение).

Тема 3.3. Реакции фотоизомеризации и фотоперегруппировок. Фотохимические окислительно-восстановительные реакции. Реакции валентной фотоизомеризации. Реакции цис-транс-фотоизомеризации. Фотохромизм. Фотоиндуцированный перенос электрона. Фотовосстановление. Фотоокисление.

Раздел IV. Фотохимия различных классов органических соединений

Тема 4.1. Предельные и непредельные углеводороды. Галогенсодержащие соединения. *цис*, *транс*-Изомеризации алкенов. Фотохимические превращения диенов и родственных соединений. Присоединение галогенов галогеноводородов и полигалогеналканов

Тема 4.2. Азотсодержащие соединения. Азосоединения, амины, имины и оксимы. Дيازосоединения, азиды, N-оксиды. Нитросоединения.

Тема 4.3. Кислородсодержащие соединения. Фотохимические превращения карбонильных органических соединений (альдегиды, кетоны, амиды). Карбоновые кислоты и их производные. Пероксиды.

Тема 4.4. Ароматические соединения. Ароматические углеводороды и гетероциклические соединения, галогенпроизводные. Фенолы. Фотосенсибилизированные реакции.

Раздел V. Применение фотохимических процессов.

Тема 5.1. Фотохимический синтез. Фотохромизм. Голография. Фотодеструкция и светостабилизация материалов.

Тема 5.2. Фотохимическое преобразование солнечной энергии. Фотохимические процессы в атмосфере и проблемы экологии. Химические основы зрительного процесса.

Тема 5.3. Фотокаталитические реакции и их практическое применение. Фотополимеризация.

Тема 5.4. Фотосенсибилизаторы в медицине. Фотодинамическая диагностика и терапия.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

РЕКОМЕНДУЕМАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ПРОГРАММЕ «ФОТОХИМИЯ»

Основная литература

1. Калверт Дж., Питс Дж. Фотохимия. М.: Мир, 1973.
2. Введение в фотохимию органических соединений/ Под ред. Г.О. Беккера. Л.: Химия, 1976.
3. Возбужденные состояния в органической химии. М.: Мир, 1978.
4. Турро Н. Молекулярная фотохимия. М.: Мир, 1967.

Дополнительная литература

5. Бугаенко Л.Т., Кузьмин М.Г., Полак А.С. Химия высоких энергий. М.: Химия, 1988.
6. Нонхибел Дж., Уонтон Дж. Химия свободных радикалов. М.: Мир, 1977.
7. Handbook of photochemistry. – CRP, 2006, Boca Raton, London, New York.
8. Окабе Х. //Фотохимия малых молекул. - М.: Мир, 1981. -500 с.
9. Медведев Э.С., Ошеров В.И. // Теория безызлучательных переходов в многоатомных молекулах. М.: Наука, 1983. - 280 с.
10. Jortner J., Rice S.A., Hochstrasser R.M. // Radiationless transition in photochemistry. - Advances in photochemistry. V. 7. 1969. p. 149-309.
11. Экспериментальные методы химической кинетики /Под ред. Н.М. Портер Дж., Вест М. А.
12. Рабек Я. Экспериментальные методы в фотохимии и фотофизике. Т.1,2. - М.: Мир, 1982. - 1150 с.
13. Портер Дж., Вест М. А. Импульсный фотолиз. — В кн.: Методы исследования быстрых реакций. Под ред. Хэммиса Г. М., 1977.
14. Лакович Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии. М.: Мир, 1986. Эмануэля и М.Г. Кузьмина. - М.: Изд-во МГУ, 1985.
15. Уэйн Р. – Основы и применение фотохимии. М., Мир, 1991.
16. Вертц Дж. и Болтон Дж., Теория и практические приложения метода ЭПР, Москва: Мир, 1975.
17. Метод спиновых меток. Теория и применение, под редакцией Л. Берлинера, Москва: Мир, 1979.
18. Современные методы биофизических исследований. Практикум по биофизике, под редакцией А.Б. Рубина, Москва: Высшая школа, 1988.
19. Барачевский В.А., Лашков Г.И., Цехомский В.А. Фотохромизм и его применение. - М.: Химия, 1977.
20. Ванников А.В., Гришина А.Д. Фотохимия полимерных донорно-акцепторных комплексов. - М.: Наука, 1984.

Примерный перечень лабораторных работ

1. Определение интенсивности ультрафиолетового света с помощью химических актинометров.
2. Измерение квантового выхода фотохимических реакций распада.
3. Исследование фотосенсибилизированных реакций.

План семинарских занятий

Тема 1.3. Законы фотохимии. Законы поглощения, отражения и преломления. Закон Ламберта-Бера. Случаи отклонения от закона Ламберта-Бера. Коэффициент экстинкции.

Тема 1.4. Молекула и её взаимодействие со светом. Диаграмма Яблонского. Излучательные и безызлучательные переходы. Принцип Франка – Кондона.

Тема 2.1. Источники света. Газоразрядные источники света. Лампы накаливания. Способы монохроматизации света. Лазеры.

Тема 2.2. Измерение интенсивности света. Типы приемников. Химические актинометры.

Тема 2.3. Спектроскопические методы. Абсорбционная спектроскопия. Фотоэмиссионная спектроскопия: флуоресценция, фосфоресценция, поляризационные измерения. Хемилюминесценция и биолюминесценция.

Тема 2.4. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Принцип метода ЭПР. Метод спиновых меток и зондов.

Тема 3.1. Фотохимическая диссоциация химических соединений. Фотохимическая диссоциация (n, σ^*) -, (n, π^*) -, (π, π^*) -возбужденных состояний. Механизм фотодиссоциации.

Тема 3.2. Фотозамещение. Фотоприсоединение. Реакции внутри- и межмолекулярного фотозамещения. Присоединение типа $\pi + \sigma$. Присоединение типа $\pi + \pi$ (циклоприсоединение).

Тема 3.3. Реакции фотоизомеризации и фотоперегруппировок. Фотохимические окислительно-восстановительные реакции.

Тема 4.1. Предельные и непредельные углеводороды. Галоидсодержащие соединения. цис, транс- Изомеризации алкенов. Присоединение галогенов галогеноводородов и полигалогеналканов

Тема 4.2. Азотсодержащие соединения. Азосоединения, амины, имины и оксимы. Диазосоединения, азиды, N-оксиды. Нитросоединения.

Тема 4.3. Кислородсодержащие соединения. Фотохимические превращения карбонильных органических соединений. Карбоновые кислоты и их производные.

Тема 4.4. Ароматические соединения. Ароматические углеводороды и гетероциклические соединения, галогенпроизводные. Фотосенсибилизированные реакции.

Тема 5.2. Фотосинтез. Фотохимические процессы в атмосфере и проблемы экологии.

Примерный перечень вопросов для самостоятельного изучения

1. В чем основное отличие термических и фотохимических реакций?
2. В чем принципиальное отличие спектров поглощения газов, жидкостей и твердых тел?
3. Какие существуют номенклатуры электронно-возбужденных состояний?
4. Какие существуют способы определения времени жизни молекул в возбужденном состоянии?
5. Хромофоры, гипсохромный и батохромный сдвиг. Типы и характеристики электронных переходов.
6. В чем отличие фотодиссоциации с вовлечением возбужденных состояний (n, σ^*) -типа ?
7. В чем состоят принципиальные отличия механизмов фотоприсоединения (n, σ^*) -и (n, π^*) --типов ? Ответ поясните примерами соответствующих фотохимических реакций.
8. Использование «ловушек» свободных радикалов при изучении первичных реакции фотохимического распада. Какие типы «ловушек» вы знаете?
9. Влияние кислорода на фотохимические реакции.
10. Фотосенсибилизация. Механизмы переноса энергии.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Семинарские занятия	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8
	Фотохимия	24	14	30			
1	Раздел I. Природа и свойства электронно-возбужденных состояний	5	3				
1.1	Фотохимия как наука	1				[1,2,5]	
1.2	Свет и вещество.	1				[1,3,7]	
1.3	Законы фотохимии	1	1			[1-4,7]	
1.4	Молекула и её взаимодействие со светом	2	2			[1-7,9,10]	контрольная работа
2	Раздел II. Экспериментальные методы фотохимии	7	4	12			
2.1	Источники света.	1	1			[1,11,12]	
2.2	Измерение интенсивности света.	1	1	12		[1,11,12,15]	защита отчетов по лабораторным работам
2.3	Спектроскопические методы.	2	1			[12-15]	
2.4	Импульсные методы исследования.	1				[12-15]	
2.5	Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР).	2	1			[16-17]	контрольная работа

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Раздел III. Основные типы фотохимических реакций	3	2				
3.1	Фотохимическая диссоциация химических соединений.	1	1			[2,4,8]	опрос
3.2	Фотозамещение. Фотоприсоединение.	1	1			[1-4,8]	коллоквиум
3.3	Реакции фотоизомеризации и фотоперегруппировок. Фотохимические окислительно-восстановительные реакции.	1				[1-4,8]	
4	Раздел IV. Фотохимия различных классов органических соединений	5	4	18			
4.1	Предельные и непредельные углеводороды. Галоидсодержащие соединения.	1	1			[1-4,8]	
4.2	Азотсодержащие соединения.	1	1			[1-4,8]	коллоквиум
4.3	Кислородсодержащие соединения.	2	1	6		[1-4,8]	защита отчетов по лабораторным работам
4.4	Ароматические соединения.	1	1	12		[1-4,8]	защита отчетов по лабораторным работам
5	Раздел V. Применение фотохимических процессов	4	1				
5.1	Фотохимический синтез. Фотохромизм. Голография.	1				[7,15,18,19]	
5.2	Фотодеструкция. Фотохимические процессы в атмосфере и проблемы экологии. Фотосинтез.	1	1			[7,15,18]	контрольная работа
5.3	Фотокаталитические реакции и их практическое применение. Фотополимеризация.	1				[7,15,18,20]	
5.4	Фотосенсибилизаторы в медицине. Фотодинамическая диагностика и терапия.	1				[14,15,18]	

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
1. Радиационная химия	Радиационной химии и химико-фармацевтических технологий	Предложений нет	Принять программу без изменений. 09.11.2015г №4

¹ При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы УВО.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 201_ г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, ученое звание) (подпись) (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

(ученая степень, ученое звание) (подпись) (И.О.Фамилия)